

Geological observations on the volcanic islands visited during the voyage of the Beagle. Observations géologiques sur quelques îles volcaniques visitées pendant le voyage du Beagle; par Charles Darwin, in-8°, 1844.

Ile de S.-Iago.

L'île de S.-Iago, une de celles du Cap-Vert, a 30 milles de long sur 12 de large; à deux reprises elle a été l'objet des études de l'auteur, dont les observations ont porté principalement sur les environs de Porto-Praya. Vue de la mer, cette contrée présente une foule de monticules coniques, d'une couleur rougeâtre, et des collines moins régulières, à sommet aplati et d'une teinte noirâtre, qui surgissent au milieu des plaines de laves, disposées en gradins. Une chaîne de montagnes assez élevées se dresse dans l'intérieur de l'île, où on ne trouve pas de volcans en activité.

Les roches les plus rapprochées du niveau de la mer, près de Porto-Praya, sont cristallines; elles paraissent devoir leur origine à quelque volcan sous-marin. Un dépôt calcaire irrégulier d'une faible épaisseur, et rempli de coquilles de la dernière période tertiaire, les recouvre irrégulièrement. Ce dépôt est lui-même recouvert par une nappe de lave basaltique qui a coulé de l'intérieur de l'île vers le rivage. D'autres courants plus modernes se sont écoulés des monticules coniques. Les collines à sommet aplati ont la même structure géologique que les roches du bord de la mer, dont elles sont le prolongement altitudinal.

Les roches du rivage sont du basalte noir, brun, gris, mêlé de hornblende, d'olivine, de mica, d'amphibole, de pyroxène et de feldspath vitreux: l'association du mica et du pyroxène est un fait assez rare. Ces laves compactes alternent avec des tufs amygdaloïdes, traversés par des dykes de roches pyroxéniques.

Le dépôt calcaire est blanc et forme une ligne horizontale élevée de 20 mètres environ au-dessus de la mer; son épaisseur moyenne est de six mètres. Ce dépôt consiste en débris organiques unis ensemble par une espèce de mortier calcaire. Des fragments de roches et de cailloux disséminés dans la masse forment une espèce de conglomérat, surtout dans les parties inférieures. Dans l'île de Quail, qui se trouve dans la rade de Porto-Praya, le calcaire de sédiment est remplacé, dans sa partie inférieure, par

un tuf terreux peu consistant, rempli de Turritelles. Il est couvert d'une couche de cailloux passant au grès, et mêlé de fragments d'Oursins, de pinces de Crabes et de coquilles. Les Huîtres sont encore attachées à la roche sur laquelle elles ont vécu. M. Darwin a trouvé dans ce calcaire 40 espèces de coquilles qui ont été déterminées par M. Sowerby. 11 sont des espèces actuellement existantes, 3 étaient nouvelles et ont été décrites par ce savant sous le nom de *Littorina planaxis*, *Cerithium æmulum* et *Venus simulans*. Ces fossiles suffisent pour ranger ce terrain dans la dernière période tertiaire, et montrer qu'il s'est formé dans une mer littorale peu profonde.

La lave basaltique qui a coulé sur le calcaire l'a altéré à une profondeur de trois décimètres à partir du point de contact, et l'on peut suivre tous les passages entre un terrain composé de débris de coquilles, de coraux, de Nullipores lâchement agrégés, et une roche dure et compacte, où l'on ne découvre aucune trace de la composition originelle, même avec le microscope. Les effets métamorphiques se manifestent de deux manières : tantôt on voit une roche à grains fins, semblable à un grès composé de particules cristallines dont les angles peuvent se mesurer à l'aide du goniomètre ; quelquefois on voit tous les passages entre les particules amorphes et les grains cristallins. Le calcaire métamorphique de la seconde espèce est blanc, compacte, sans aucune trace de structure cristalline, mais entremêlé de petits nids d'une substance ocracée, terreuse, qui paraît être un mélange de carbonate de chaux et de fer. La lave a englobé dans sa partie inférieure des masses calcaires, et forme une brèche renfermant des scories réduites en fragments très ténus. Plus haut, là où le calcaire domine moins et où la lave est plus compacte, on remarque de petites cavités tapissées de carbonate de chaux cristallisé. Çà et là il y a eu des affaissements du sol : tel est celui que l'on remarque au-dessous du monticule du Signal, près de la mer : il est conique, porte les traces d'un ancien cratère, et se compose d'une matière éruptive postérieure à la grande plaine basaltique. Au N. et au S. du monticule, tout le long du rivage, le lit calcaire est horizontal sur une longueur de 500 mètres, et se maintient à une hauteur de 20 mètres au-dessus du niveau de la mer ; mais, immédiatement au-dessous du monticule, il plonge sous les flots et disparaît. L'auteur en conclut que le monticule du Signal s'est affaissé avec le terrain environnant, après son élévation, ou qu'il ne s'est jamais élevé aussi haut que le reste de la contrée ; la force soulevante se dépensant sur ce point en éruptions successives.

La lave basaltique qui recouvre le calcaire est d'un gris clair, se fondant en un émail noir; sa fracture est terreuse, elle contient de petits grains d'olivine; son épaisseur moyenne est de 24 mètres.

Les monticules coniques dont l'île est parsemée ont donné lieu à des éruptions plus récentes encore; ils se composent de roches basaltiques ayant tout-à-fait l'aspect de scories, et leurs éjections n'ont certainement pas eu lieu au-dessous de l'eau. Ce fait est important; car près du sommet on trouve quelques lits de calcaire d'éruption, peu compacte, contenant des fragments de scories, qui sont eux-mêmes pénétrés d'arborisations de matière calcaire, semblables à des mousses ou plutôt à des conferves. Ces collines ont donné naissance à des courants de lave qu'on peut poursuivre dans la plaine, et qui contiennent des masses de calcaire éruptif. Il est probable, ajoute M. Darwin, que ce calcaire, sortant de la bouche d'un volcan, mêlé avec la lave incandescente, de la vapeur d'eau et des gaz, s'est dépouillé de son acide carbonique, mais qu'il a absorbé de nouveau celui de l'atmosphère.

Les collines à sommet aplati dont nous avons parlé s'élèvent en moyenne à 180 mètres; leur structure est celle des rochers du rivage; elles sont séparées par des vallées remplies de lave; les collines elles-mêmes sont basaltiques; le basalte est quelquefois compacte, souvent amygdaloïde. Il y a des lits calcaires sur quelques uns de ces sommets, qui paraissent être de formation sous-marine; leur base est une roche feldspathique ferrugineuse en état de décomposition. Elles sont probablement le reste d'un plateau dont l'étendue était autrefois très grande et occupait une partie de la circonférence de l'île.

Ile Maurice.

Après quelques observations détachées et très sommaires sur Fernando Noronha, Terceire et Tahiti, l'auteur arrive à l'île Maurice. En l'accostant du N. ou du N.-O., tout le monde, dit-il, sera tenté de penser que la mer baignait autrefois le pied des montagnes qui s'élèvent brusquement des basses terres. Cette apparence n'est pas trompeuse; car l'île est bordée de bancs de coraux qui s'élèvent à cinq ou six mètres au-dessus du niveau de la mer. L'auteur anonyme du *Voyage à l'île de France, par un officier du roi*, et M. Bory de Saint-Vincent, les avaient déjà décrits. Les montagnes près de Port-Louis se composent de couches de basalte compacte. L'intérieur de l'île est couvert de coulées basaltiques.

Bailly, dans son *Voyage aux terres australes*, représente ces montagnes comme une ceinture d'immenses remparts, ayant une pente plus ou moins douce vers le rivage de la mer, tandis que vers le centre de l'île elles présentent une coupe abrupte et souvent taillée à pic : elles sont formées de couches parallèles, inclinées du centre de l'île vers la mer. M. Darwin confirme pleinement les vues du voyageur français.

Rochers de Saint-Paul.

Situés dans l'océan Atlantique, à 1° N. et à 540 milles de l'Amérique du Sud, ils forment un îlot dont la circonférence est de trois quarts de mille, et le point culminant élevé de 15 mètres au-dessus de la mer. Ces rochers s'élèvent brusquement du sein des flots, et, excepté à l'O., on ne trouve pas de fond à un quart de mille de distance. Ce qui les rend très remarquables, c'est qu'ils ne sont point volcaniques, mais d'une roche non encore décrite, compacte, pesante, d'un gris noirâtre, à fracture irrégulière, infusible, et assez dure pour rayer le verre. Elle contient des veines de serpentine et de calcaire ferrugineux.

Île de l'Ascension.

Elle a la forme d'un triangle irrégulier, et environ 18 milles de tour. Le point le plus élevé est à 860 mètres au-dessus de la mer. L'île entière est volcanique, mais non d'origine sous-marine.

Les couches les plus superficielles sont des coulées basaltiques qui paraissent avoir eu peu de fluidité, car elles se terminent par des escarpements de 6 à 9 mètres de hauteur. Leur surface est très inégale ; çà et là on voit des monticules coniques traversés par des fissures et ayant une tendance à se diviser en prismes. Ils dépassent le niveau général de 3 à 10 mètres. Leur formation est probablement due à l'accumulation de la lave sur des points où la résistance a été plus grande. Quelques unes de ces coulées peuvent être suivies jusqu'aux masses trachytiques, ou jusqu'à des cônes rougeâtres, isolés, et qui se rencontrent çà et là sur les parties septentrionale et occidentale de l'île. M. Darwin en a compté entre 20 et 30 ; leurs sommets sont tronqués obliquement : le plan de la section est incliné vers le S.-E., d'où soufflent les vents alisés. Cette disposition est due sans doute à ce que ces vents emportaient dans une direction déterminée les cendres et les fragments que rejetait la bouche du cratère.

On trouve dans l'île un grand nombre de bombes volcaniques ; quelques unes sont fort loin des centres d'éruption ; leur grosseur varie depuis celle d'une pomme jusqu'à celle de la tête. La coupe d'un de ces sphéroïdes présente des cellules dont la grandeur va en diminuant du centre à la circonférence, qui est formée par une couche de lave compacte recouverte d'une couche celluleuse, dont les cellules sont très petites. Cette structure s'explique en supposant que la couche, à l'état semi-liquide, a été soumise à un mouvement rotatoire ; la partie externe, en se refroidissant, a résisté à la dilatation des gaz intérieurs qui obéissaient à la force centrifuge ; de là les couches de lave compacte de la circonférence, tandis que la masse intérieure, encore à l'état semi-liquide, s'est creusée de grandes cellules dues à la dilatation de ces mêmes gaz.

Près de la montagne la plus élevée de l'île, on voit une grande masse formée de fragments qui paraissent avoir été lancés par un petit cratère situé près de la montagne ; après ces éjections il y a eu un affaissement qui a donné lieu à un cirque elliptique, dont le grand axe a 1340 mètres de long. Les escarpements du cirque, qui sont sensiblement verticaux, se composent de basalte dans leur partie inférieure, et dans leur partie supérieure des fragments dont nous avons parlé. M. Darwin a observé des enfoncements semblables près des cônes volcaniques des îles Galapagos. On trouve souvent des fragments de roches primitives (granite, syénite, porphyre, quartz, feldspath) engagés au milieu des masses de scories volcaniques.

Les roches trachytiques forment les points culminants de l'île ; ce trachyte est d'un brun pâle, contenant du feldspath vitreux et du fer spéculaire. L'obsidienne et plusieurs espèces de roches feldspathiques viennent s'associer au trachyte, qui, quelquefois, prend tous les caractères d'un véritable tuf blanc et friable. C'est lui qui forme le plus grand nombre des collines, qui ne présentent aucune trace de cratère et ont la plus grande ressemblance avec des dépôts sédimentaires. On trouve dans le tuf trachytique des masses de jaspe qui paraissent n'être que des roches silicifiées de la même manière que le bois fossile. Ce trachyte ponceux contient encore des concrétions à couches concentriques bien caractérisées, et composées de cendres et d'un peu de substance calcaire.

Les bords de la mer sont recouverts d'immenses dépôts de débris de coquilles de coraux, mêlés de substances d'origine volcanique. A quelques décimètres de profondeur, ces substances

s'agrègent, et forment une roche divisée en couches peu épaisses. Au dire des habitants, cette roche durcit en peu d'années, au point qu'il est difficile de la briser avec le marteau; sa densité est à peu de chose près la même que celle du marbre de Carrare. Près de l'établissement militaire, ces dépôts calcaires se font périodiquement en automne lorsque les courants portent au S.-O.; puis ils sont souvent entraînés mécaniquement quand ces courants changent de direction.

Du côté occidental de la plus haute montagne de l'Ascension, on trouve aussi une roche feldspathique à cassure cristalline feuilletée, alternant avec l'obsidienne, avec tous les passages de l'une à l'autre, et contenant des Sphérulites. M. Beudant en Hongrie, M. de Humboldt au Mexique, au Pérou et à Ténériffe, ont observé des alternances semblables. On voit donc que plusieurs roches de la série feldspathique ont une structure lamellaire, qui s'observe également dans les masses qui ont été injectées dans les couches supérieures, et d'autres qui ont coulé sous la forme de courants de lave. Quelques auteurs ont attribué la structure lamellaire de ces roches volcaniques à leur progression pendant qu'elles étaient à l'état liquide, et dernièrement M. Forbes a cherché à établir une analogie entre les bandes des obsidiennes et celles des glaciers; car dans l'obsidienne de Mexico on remarque des bandes alternativement opaques et translucides. Ces dernières doivent leur transparence à un nombre infini de bulles d'air. Les bandes blanches des glaciers sont dans le même cas.

En terminant ce paragraphe, M. Darwin appelle l'attention des géologues sur ce fait incontestable, c'est qu'un rocher d'origine évidemment volcanique sur l'île de l'Ascension présentait des couches parfaitement unies et parallèles: les unes composées de cristaux séparés de quartz et de diopside, mêlés de pyroxène et de feldspath amorphes; d'autres composées entièrement de pyroxène noir avec des globules d'oxide de fer; d'autres, enfin, composées de feldspath cristallisé plus ou moins pur, mêlées de cristaux de feldspath placés tous dans le sens de leur longueur. Il est présumable que ces couches ont été formées avec leur inclinaison actuelle. Ces faits sont importants si on les applique à la considération des roches plutoniques, qui toutes, comme celles des volcans, ont été soumises à l'action d'une forte chaleur, et qui consistent en couches alternatives de quartz et de feldspath, de mica et d'autres minéraux.

Ile de Sainte-Hélène.

Toute l'île est d'origine volcanique ; sa circonférence , suivant Beatson, est d'environ 28 milles ; la partie centrale consiste en roches feldspathiques généralement très décomposées , et présentant un singulier assemblage de bancs argileux, de couleur rouge, pourpre, brune, jaune et blanche, alternant les uns avec les autres. Quelques uns , en particulier ceux de couleur blanche , jaune et brune , sont d'anciens courants de laves, mais la plupart ont été probablement rejetés sous forme de cendres et de scories ; d'autres bancs , de couleur pourpre , paraissent avoir existé sous la forme de porphyre argileux en masse. Quelques uns de ces rochers contiennent de grands cristaux de feldspath, et ont la cassure rugueuse particulière au trachyte. Ces laves et tufs feldspathiques sont le produit des éruptions les plus modernes. Ils convergent en s'élevant vers la chaîne centrale , dont le point culminant atteint une hauteur de 800 mètres : c'est le bord septentrional du grand cratère qui a vomi toutes ces laves.

L'île est entourée d'une ceinture de grands remparts de basalte plongeant dans la mer, formant des falaises presque verticales , et variant en hauteur de 50 à 500 mètres. Ce cercle , ou plutôt ce fer-à-cheval, est ouvert vers le sud , et interrompu sur plusieurs points. Son arête s'élève peu au-dessus de la contrée environnante. Ce basalte est en général vésiculaire , et contient des cristaux de feldspath et de fer titané ; d'autres parties sont remplies de pyroxène et d'olivine. Les coulées sont séparées l'une de l'autre par des dépôts de matières cendrées , ou un tuf rouge friable et salifère. Il existe encore sur les bords de la mer des laves submarines qui unissent les roches basaltiques et feldspathiques. Elles sont lamellaires ou amygdaloïdes , et mêlées de gypse et de sel.

Les falaises qui bordent la mer se composent de ces laves submarines, de couches basaltiques , de dykes et de couches feldspathiques , disposées d'une manière variée.

Sur la côte septentrionale et méridionale , on rencontre des couches superficielles et peu épaisses de grès calcaires , composées en grande partie de débris de coquilles méconnaissables ; elles occupent surtout les parties de l'île qui sont à l'abri du vent , et souvent à 50 et même 200 mètres au-dessus du niveau de la mer. Leur épaisseur varie d'un mètre à 15, et leur disposition est celle du sable qui serait amené par les courants alisés. La finesse des particules qui composent ce dépôt , et son existence

sur une côte complètement dépourvue de bancs coquilliers, lui assignent une origine antérieure à l'exhaussement actuel de l'île. L'eau de pluie a cimenté les diverses particules de ce sable, et l'a converti en un véritable grès. M. de Buch a observé à Lance-rotte un calcaire compacte élevé de 240 mètres au-dessus de la mer, et tout-à-fait semblable à celui que nous venons de décrire. Les couches supérieures contiennent des coquilles terrestres, quelquefois entières, des ossements et des œufs d'oiseaux marins. Parmi ces espèces se trouve la *Cochlogena auris-vulpina*, que Lamarck avait prise pour une coquille marine : de son élévation au-dessus de la mer, il en avait conclu celle de l'île tout entière. Jamais cependant cette coquille n'a été trouvée à l'état vivant ; mais sa disparition est peut-être un fait récent qui se lie à la destruction des forêts de l'île lors de l'introduction des chèvres et des porcs en 1502.

Les laves d'origine submarine étant actuellement élevées en partie au-dessus du niveau de la mer, il devenait intéressant de trouver d'autres traces de ce soulèvement de l'île. Elles existent dans la présence des dépôts de sable et d'argile au fond de certaines vallées : ces dépôts contiennent des os d'albatros, qui ne visitent jamais l'île, et de l'oiseau des tropiques qu'on y observe très rarement. Ce qui différencie l'Ascension et Sainte-Hélène, c'est que dans cette dernière île on ne saurait reconnaître les limites des coulées de laves comme dans la première.

Sainte-Hélène, S.-Iago et Maurice sont de grands cratères de soulèvement, et M. Darwin est convaincu que les causes qui déterminent le soulèvement lent des côtes des continents et l'éruption des matières volcaniques ne diffèrent pas l'une de l'autre.

Archipel des Galapagos.

Situé sous l'équateur, à 5 ou 600 milles de la côte occidentale de l'Amérique, il se compose de cinq îles principales et de quelques autres plus petites. Les grandes îles sont formées d'une roche solide, et s'élèvent à une hauteur qui varie entre 300 et 1200 mètres. Les cratères sont d'une grandeur très inégale ; quelques uns ont plusieurs milles de circonférence. Ils sont très nombreux, on en compte deux mille environ, tous composés de scories, de laves et de pierre ponce. Les cratères de l'île Chatham sont formés d'un tuf composé de cendres agglutinées, et d'un autre qui est dur au point de rayer le verre. Sur la côte orientale de l'île, il y a plusieurs petits cratères basaltiques.

L'île d'Albermale se compose de cinq cratères aplatis qui se ressemblent entre eux. Dans un grand courant de lave à base noire et compacte, on voit un grand nombre de cristaux d'albite jouant le même rôle que la leucite du Vésuve. La pente douce et uniforme de cette lave, et sa division en petits courants par les inégalités du terrain, prouvent l'extrême fluidité qu'elle avait en sortant du cratère. James-Island renferme deux cratères ponceux. On peut les considérer comme le trait caractéristique de l'archipel des Galapagos; ils forment soit des promontoires, soit des îlots séparés; ceux qui sont plus éloignés de la mer n'en portent pas moins des traces de son action: aussi M. Darwin est-il porté à croire que ces cratères sont dus au mélange de cendres avec l'eau de la mer dans les cratères en ignition. L'origine et la composition du tuf ponceux, l'eau salée ou les couches de sel qui occupent le fond du cratère, rappellent les salses de l'Italie. Tous ces cratères sont échancrés vers le sud; l'auteur s'en est assuré sur 60 d'entre eux. Cela tient encore à ce que les vents constants soufflent du sud dans cet archipel, et ont dégradé ces cratères, soit qu'ils fussent émergés ou encore plongés dans les eaux. M. Darwin ne doute même pas que quelques uns n'aient été totalement enlevés.

Les recherches bibliographiques et personnelles de M. Darwin l'ont conduit à cette conclusion, que les innombrables îles semées dans les océans Pacifique, Atlantique et dans la mer des Indes, se composent de roches volcaniques ou de bancs de coraux. Les exceptions sont rares; il cite, dans l'Atlantique, le Rocher de Saint-Paul et les îles Falkland, composées de quartz et de schistes argileux; mais ces dernières sont très étendues et peu éloignées de la côte d'Amérique. Dans la mer des Indes, les Séchelles, situées sur le prolongement de l'axe de Madagascar, sont formées de quartz et de granite. Le sol de la Nouvelle-Calédonie est aussi primitif. La Nouvelle-Zélande offre quelques roches volcaniques et des volcans en activité, mais son étendue ne permet pas de l'assimiler aux petites îles dont nous parlons. La présence des schistes argileux sur trois des Açores, ou de calcaire tertiaire à Madère, de schiste argileux à l'île Chatam, dans la mer Pacifique, ou de lignite à la terre de Kerguelen, ne suffit pas pour les exclure de la classe des îlots volcaniques. On serait donc tenté de supposer que les volcans actuellement existants dans les continents formaient jadis des îlots isolés au milieu de la mer, ou s'ouvraient non loin de ses rivages. De plus, cette circonstance établit une grande différence entre les chaînes de montagnes sous-marines, qui sont volcaniques, et celles des continents, qui le

sont si rarement. En jetant les yeux sur une mappemonde, on voit que ces îles volcaniques forment deux ou trois lignes peu courbes, parallèles entre elles. Chaque île, considérée séparément, est généralement allongée suivant l'axe du groupe dont elle fait partie. Les groupes peu étendus ne présentent point de symétrie dans leurs formes; tel est celui de l'archipel grec, suivant M. Virlet. Mais dans le groupe des Galapagos, des Canaries, des îles du Cap-Vert, la disposition en séries est bien évidente.

M. de Buch divise les volcans en deux classes : les *volcans centraux* et autour desquels les éruptions se sont faites de toutes parts, et les *chaînes volcaniques*. La première classe ne paraît pas à M. Darwin établie sur des preuves suffisantes. Sans doute, dans un archipel, une île est plus soulevée que les autres, de même que dans une île un cratère est plus haut que les autres; mais ce n'est pas une raison pour en faire un cratère d'éruption, et il n'y a point de différence entre les longues et les courtes chaînes, entre les Cordilières et les Açores. M. de Buch établit aussi que les chaînes volcaniques accompagnent les chaînes primitives. Il n'y a, en effet, rien que de très naturel à supposer que les forces soulevantes finissent par élever les roches primitives au-dessus de la surface générale du sol. Souvent aussi une île isolée, telle que Juan-Fernandez, se trouve sur le prolongement de la côte d'un grand continent.

Dans les archipels volcaniques, il n'y a en général qu'un seul cratère en activité, et encore l'est-il temporairement; et quand on considère la masse des matières éruptives et l'état de dégradation de celles qui sont exposées à l'action de la mer, on ne peut que leur supposer une haute antiquité. Les dykes nombreux dont elles sont traversées prouvent qu'au moment de l'éruption ces îles ne se trouvaient pas au même niveau qu'elles ont actuellement, conclusion qui est complètement d'accord avec les principes établis par M. Élie de Beaumont. Dans son ouvrage sur les îles madréporiques, M. Darwin a montré la connexion qui existe entre les éruptions volcaniques et le soulèvement des côtes. Enfin, des éruptions ont eu lieu, depuis les temps historiques, dans un même archipel, sur plusieurs des lignes parallèles suivant lesquelles les cratères sont disposés. Ainsi, dans les Canaries, Ténériffe et Lancerotte; dans les Açores, Pico S.-Jorge et Terceira, ont été simultanément en ignition : l'on peut conclure que dans une chaîne de montagnes, deux ou plusieurs chaînons parallèles ont pu être soulevés pendant la même période géologique. M.
